

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE
DE FEIJOEIRO COMUM COM APLICAÇÃO FOLIAR DE
MAGNÉSIO

Autor: Giuliano Deyvison Borges Alves
Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa
Coorientador: Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO -CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE
DE FEIJOEIRO COMUM COM APLICAÇÃO FOLIAR DE
MAGNÉSIO

Autor: Giuliano Deyvison Borges Alves
Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa
Coorientador: Prof. Dr. Willian Henrique Diniz Buso

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração: Tecnologias da Irrigação.

CERES - GO
Setembro - 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

A537t Alves, Giuliano Deyvison Borges.
Trocas gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum com aplicação foliar de magnésio. / Giuliano Deyvison Borges Alves; orientador Cleiton Mateus Sousa; co-orientador Wilian Henrique Diniz Buso. -- Ceres, 2022.
37 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado) -- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2022.

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Cultivar BRS Estilo.
3. Fotossíntese. 4. Magnésio. I. Sousa, Cleiton Mateus, orient. II. Buso, Wilian Henrique Diniz, coorient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Giuliano Deyvison Borges Alves

2020103330640084

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO COMUM COM APLICAÇÃO FOLIAR

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 03 / 12 / 2022

.Documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

· Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

· Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

· Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Emilio DB Alus

Ciente e de acordo:

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

clt met seve

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO
DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 16/2022 - CCMIC-CE/GPPI/CMPCE/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 30 dias do mês de setembro do ano de dois mil e vinte dois, realizou-se a Defesa de Dissertação da acadêmica Giuliano Deyvison Borges Alves do Curso de Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado, número de defesa 057, matrícula 2020103330640084, RG 4535096 STPC-GO, CPF:

98495089149, cuja dissertação intitula-se "Trocias gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum com aplicação foliar de magnésio." A defesa iniciou-se às 7 horas e 57 minutos, finalizando-se às 10 horas e 12 minutos, onde a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO, estando apto para fins de conclusão da Dissertação, devendo o acadêmico apresentar no prazo de sessenta (60) dias a versão final corrigida conforme considerações da banca, em m formato digital (PDF), acompanhado do termo de autorização para publicação eletrônica (devidamente assinado pelo autor), para posterior inserção no Sistema de Gerenciamento do Acervo e acesso ao usuário via internet. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente ata.

Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa

Presidente da banca

IF Goiano - Campus Ceres

Prof. Dr. Wesley de Melo Rangel

Avaliador Interno

IF Goiano – Campus Ceres

Prof. Dr. Marcos Paulo dos Santos

Avaliador Externo

IFMS - Campus Nova Andradina

Documento assinado eletronicamente por:

- Wesley de Melo Rangel, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 30/09/2022 10:26:20.
- MARCOS PAULO DOS SANTOS, MARCOS PAULO DOS SANTOS - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (1), em 30/09/2022 10:21:07.
- Cleiton Mateus Sousa, DIRETOR GERAL - CD2 - CMPCE, em 30/09/2022 10:19:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/09/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 428148
Código de Autenticação: 0de1e694c3



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, None, CERES / GO, CEP 76300-000

(62) 3307-7100

À minha esposa Jael Cristina Pereira Borges, pelo apoio,
compreensão ao longo desses dois anos e meio, um
exemplo de paciência, dignidade e luta. Essa conquista é tão
minha quanto sua!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deu durante toda a minha vida.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador, pelo incentivo e pela dedicação do seu escasso tempo ao meu projeto de pesquisa.

Agradeço a Gleyca Andrade dos Santos, uma grande amiga que fiz durante a caminhada e que me deu forças para sempre continuar.

Agradeço também a minha mãe Renilda Borges, um exemplo de luta garra e perseverança. Minha heroína!

Também quero agradecer ao Instituto Federal, Goiano, Campus Ceres, e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Giuliano Deyvison Borges Alves nasceu no dia 31/01/1984 em Ceres – Goiás, filho de Lázaro André Alves e Renilda Borges. cursou Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás entre os anos de 2001 e 2004. Tem duas especializações, primeira em Gestão Ambiental pela FASEM (Faculdade Serra da Mesa), concluída em 2008, e a segunda em Educação para Cidadania e Diversidade, pela Universidade Federal de Goiás, concluída em 2015. Há 18 anos, atua como professor de biologia nas redes públicas e particulares de ensino no estado de Goiás.

No ano de 2020, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, sob orientação do Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa.

RESUMO

ALVES, GIULIANO DEYVISON BORGES. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, setembro 2022. **Trocas gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum com aplicação foliar de magnésio.** Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa. Coorientador: Prof. Dr. Willian Henrique Diniz Buso.

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um vegetal exigente nutricionalmente, apresentando raízes pivotantes e pouco profundas. Fatores como a forma, periodicidade e quantidade de nutrientes disponíveis são fundamentais para seu crescimento e produtividade. A carência ou ausência do magnésio ocasiona danos muitas vezes irreversíveis ao vegetal por fazer parte da composição da molécula de clorofila, fundamental no processo fotossintético. Considerando a importância do magnésio, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das aplicações foliares de Magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) por meio do produto comercial MAG FLO – AGRICHEM® sobre as trocas gasosas, o crescimento e a produtividade da cultura do feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo. Para isto, foi instalado um experimento no Instituto Federal Goiano- Campus Ceres, na área conhecida como “área do pivô”, 15°21'03"S, 49°35'37"W. Neste experimento, foram adotados dois delineamentos experimentais, o fatorial (5x4) em parcelas subdivididas para as avaliações fisiológicas, cujas parcelas foram representadas pelas fases fenológicas (V4; R5; R6; R8 e R9) e as subparcelas, pelas doses de magnésio (0g ha^{-1} , 250g ha^{-1} , 500g ha^{-1} e 1000g ha^{-1}), e um segundo esquema de parcelas divididas em fatorial (4x2), cujas parcelas representaram as doses de magnésio (0g ha^{-1} , 250g ha^{-1} , 500g ha^{-1} e 1000g ha^{-1}), e as subparcelas, as fases de desenvolvimento da planta (V4 e R6). Foram avaliados altura de plantas (AP), número de ramos (NR), produção em kg ha^{-1} (PROD), grãos por vagem (GPV), número de vagem por planta (VPL), peso de mil grãos (PMG), condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida e transpiração. A aplicação foliar de magnésio para a cultivar em questão não influenciou estatisticamente na

produção de grãos, contudo a aplicação foi significativa em processos de trocas gasosas, altura de plantas e número de ramos. As trocas gasosas obtiveram direcionamentos diversos, com variações que oscilaram aumentando ou diminuindo a intensidade conforme a dosagem e a fase fenológica. As variáveis altura de plantas e número de ramos apresentaram incrementos quando as doses foram administradas em quantidades e períodos adequados. O experimento foi conduzido na segunda safra durante o período de estiagem nas áreas do bioma cerrado.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Cultivar BRS Estilo. Fotossíntese.

ABSTRACT

ALVES, GIULIANO DEYVISON BORGES. Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, September 2022. **Gas exchange, growth, and yield of common bean with foliar magnesium application.** Orientador: Prof. Dr. Sousa, Cleiton Mateus. Coorientador: Prof. Dr. Buso, Willian Henrique Diniz.

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a demanding vegetable nutritionally, showing pivotal and shallow roots. Form, periodicity, and amount of available nutrients are fundamental factors for its growth and yield. The lack or absence of magnesium often causes irreversible damage to the plant because it is part of the chlorophyll molecule composition, which is fundamental in the photosynthetic process. Considering the magnesium importance, this paper aimed to evaluate the foliar application effect of Magnesium ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) through the commercial product MAG FLO - AGRICHEM[®] on gas exchange, on growth, and on yield of the common bean crop, cultivar BRS Estilo. For this purpose, an experiment has been installed at the Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, in the area known as the “pivot area”, 15°21'03" S, 49°35'37" W. Two experimental designs were adopted: (a) the factorial 5 x 4 scheme in split split plots for the physiological evaluations, and the plots were represented by the phenological phases (V4, R5, R6, R8, and R9) and the split plots were represented by magnesium doses (0 g ha⁻¹, 250 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, and 1000 g ha⁻¹); and (b) a split-plot in a factorial 4 x 2 scheme, being that the plots represent the magnesium doses (0 g ha⁻¹, 250 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, and 1000 g ha⁻¹), and the split plots represent the plant development stages (V4 and R6). plant height (PH), number of branches (NB), yield in kg ha⁻¹ (PROD), grains per pod (GPP), number of pods per plant (NPP), thousand grain weight (TGW), stomatal conductance, net photosynthesis rate, and transpiration were evaluated. The magnesium foliar application for the cultivar in question did not show statistically influence on grain yield; however, its application was significant in gas exchange

processes, plant height, and number of branches. Gas exchange showed different directions with variations oscillating in increasing or decreasing intensity according to the dosage and the phenological phase. Plant height and number of branches variables showed increases when doses were delivered in adequate amounts and period. The experiment was carried out in the second harvest during the dry season in the Cerrado areas (Brazilian Savannah).

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Cultivar BRS Estilo. Photosynthesis.

LISTA DE QUADRO, TABELAS E FIGURA

Quadro	Cronograma de plantas, monitormanento e atividades do eperijento com feijoeiro comum	21
Tabela 1	Resumo da significância da análise de variância para fase fenológica, dose de magnésio e interação fase x dose; Condutância estomática, fotossíntese, transpiração, déficit de pressão e vapor	21
Tabela 2	Condutância estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio	22
Tabela 3	Déficit de pressão e vapor ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio	22
Tabela 4	Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio	22
Tabela 5	Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio	22
Tabela 6	Resumo da significância da análise de variância para fase fenológica, dose de magnésio e interação fase x dose aos 97 dias após a semeadura; altura de plantas (AP), número de ramos (NR), produção em kg ha^{-1} (PROD), grãos por vagem (GPV), vagem por vagem por planta (VPL), peso de mil grãos (PMG).	23
Tabela 7	Resumo das médias observadas da análise de variância para doses de magnésio ao final do ciclo da cultura, produção em kg ha^{-1} (PROD), grãos por vagem (GPV), vagem por planta (VPL), peso de mil grãos (PMG).	23

Tabela 8	Resumo das médias observadas para médias de número de ramos nas fases V4 e R6	23
Figura	Altura de plantas do feijoeiro comum aos 97 dias após a emergência quando submetidas a doses crescentes de magnésio	23

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Referências.....	5
2 OBJETIVO GERAL	7
3 ARTIGO	8
3.1 Introdução.....	10
3.2 Material e métodos.....	13
3.3 Resultados e discussão	15
3.4 Conclusão	18
6 QUADRO, TABELAS E FIGURA	21

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais consumidas a nível nacional, formando a base da alimentação da população brasileira, sendo parte da nutrição de aproximadamente 200 milhões de pessoas. Este vegetal é uma importante fonte de proteínas, carboidratos e nutrientes, especialmente em países em desenvolvimento devido ao seu relativo baixo custo [IBGE, 2019].

De acordo com levantamentos da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a produção nacional de feijão para a safra de 2021/2022 foi de 2,98 milhões de toneladas, com uma área colhida de 2,8 milhões de hectares e produtividade média de 1.046 kg ha⁻¹, sendo aproximadamente 78,2% da produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e 21,8% do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.].

Boa parte da produção nacional de feijão-comum é destinada ao autoconsumo das famílias, especialmente nas regiões onde predominam áreas de menores cultivos, mas mesmo os pequenos produtores destinam parte de sua produção ao mercado.

Em consonância com a Embrapa (2021), o consumo nacional aparente médio *per capita* de feijão comum foi estimado em 13,0 kg hab⁻¹ ano⁻¹ durante o período de 2020/2021, apontando uma queda no consumo de 18,75% em relação ao biênio anterior, o que pode ter ocorrido devido aos efeitos da pandemia do SARS COVID-19.

Assim como em todos os vegetais, o feijoeiro tem íntima relação com o elemento magnésio (Mg), o segundo cátion mais abundante nas células vegetais, e diversos processos fisiológicos, atividades enzimáticas e agregação de subunidades ribossômicas dependem deste elemento [Gerendás & Führs, 2013]. A função mais conhecida deste elemento nas plantas é ser o átomo central da molécula de clorofila de forma a determinar sua estrutura e funcionamento. Do total de Mg dos vegetais, cerca de 15 a 20% está ligado aos cloroplastos de forma a otimizar a absorção de luz e transferir energia para os centros de reação da fotossíntese [Tränkner *et al.*, 2016].

É importante destacar que as moléculas de clorofila são produzidas pelos cloroplastos e estão concentradas nas membranas dos tilacoides, que são estruturas

lamelares localizadas no seu interior, sendo a clorofila o pigmento responsável por captar a luz solar durante a fase fotoquímica da fotossíntese, de forma a garantir que organismos fotossintetizantes consigam produzir açúcares e carboidratos [Tränkner *et al.*, 2016]. Assim, ao considerarmos o magnésio como átomo central da molécula, percebe-se a importância deste nutriente para a fotossíntese e, conseqüentemente, para o crescimento, desenvolvimento e produção de biomassa dos vegetais.

No feijoeiro, o magnésio participa de diversos outros processos metabólicos, com destaque para a formação de moléculas de ATP no processo fotossintético, tendo em vista sua atuação no mecanismo de otimização e absorção de luz, bem como na transferência de energia para os centros de reação da fotossíntese.

O nutriente também atua em atividades como síntese proteica, ativação de enzimas, auxílio no processo de fixação do gás carbônico, metabolismo do nitrogênio, absorção de fósforo, carregamento do floema, separação e utilização de fotoassimilados, além de contribuir com o desenvolvimento do sistema radicular [Chen & Peng, 2018].

O magnésio tem mobilidade no interior do vegetal, mas a maior porção absorvida permanece no caule e principalmente nas folhas, tendo em vista que este é o local de maior acúmulo de clorofila.

Baixos níveis de magnésio no vegetal fazem com que ele migre das folhas mais velhas para as mais jovens e ativas, de forma a evitar as perdas fotossintéticas, fator que faz com que a planta adquira aspecto amarelado nas folhas mais velhas, podendo levar a uma abscisão foliar prematura.

Destaca-se que antes do processo de senescência da folha, ocorre a conversão da clorofila em outros pigmentos, clorofilas A e B, que são transformadas em feofitinas e feoforbídeos, que atuam como transportadores intermediários de elétrons na cadeia do fotossistema II, como doadores de elétrons para as quinonas. Ao final do ciclo de vida do vegetal, o nutriente tende a voltar para o solo pelo processo de decomposição das folhas e caules.

O feijoeiro comum necessita, em média, de 1,5 a 3,5g de magnésio por kg⁻¹ de massa seca, isso para condições de desenvolvimento que propiciam qualidade e alta produtividade. Uma resposta frequente à deficiência de Mg nos vegetais consiste na redução das concentrações de clorofila nas folhas, levando à perda da coloração verde e a seu conseqüente amarelamento, podendo levar a uma redução da capacidade de produção de fotoassimilados, resultando em baixas produtividades [Tränkner *et al.*, 2016].

Elevados índices de radiação solar podem causar estresse luminoso, prejudicando as trocas gasosas, o crescimento e a produtividade final das plantas. Por consequência, ao considerarmos a importância do magnésio na clorofila por ser a molécula responsável pela captação da luz na fotossíntese e consequente produção de carboidratos e biomassa, faz-se necessária a realização de pesquisas sobre a aplicação deste elemento em feijoeiros, de forma a avaliar se o magnésio, quando aplicado em quantidades ideais, é capaz ou não de alterar o comportamento da cultura pela redução do estresse luminoso e intensificação da produção de fotoassimilados.

O magnésio pode ser absorvido pelas plantas de duas maneiras, sendo a mais comum em sua forma iônica (Mg^{+2}), que ocorre pelo contato direto entre o sistema radicular e a solução no solo; outra via de absorção é a foliar, que se processa por meio de pulverizações na forma de sulfato de magnésio. Contudo é importante destacar que a absorção do Mg está diretamente ligada à presença de outros cátions como Ca^{+2} , H^+ e Al^{+3} [hawkesford *et al.*, 2012]. Solos ácidos podem dificultar o processo de absorção de (Mg^{+2}) pela planta, considerando que a saturação por alumínio impede a passagem do íon pelas membranas celulares.

Outro fator limitante para a absorção do íon Mg^{+2} são altos níveis de potássio (K^+), pela semelhança entre os raios iônicos e a eletroafinidade das membranas celulares ao potássio em detrimento do magnésio [Canizella, 2014]. Malavolta [2006] descreve que altos teores de umidade no solo podem prejudicar o processo de absorção do magnésio pelas raízes das plantas. Em certas regiões, o magnésio também pode estar presente na forma de carbonatos insolúveis, isso quando em solos originalmente ricos em calcário ou recentemente corrigidos pelo processo de calagem. Por outro lado, é válido destacar que esta similaridade entre os cátions de magnésio e alumínio também pode ser benéfica para o vegetal, haja vista que solos saturados em magnésio inibem a absorção do alumínio, evitando, assim, uma possível toxidez ocasionada por este nutriente [Jaghdani *et al.*, 2021].

O transporte do magnésio pelo vegetal pode ser tanto via apoplástica quanto via simplástica. Buratto *et al.* [2017] descrevem que sua principal via de entrada é a simplástica, fator que faz com que este nutriente seja encontrado em altas concentrações na maioria dos tecidos vegetais, como, por exemplo, nos frutos e grãos. Sua movimentação pelo vegetal se dá basicamente da mesma forma como é absorvido, ou seja, juntamente com os íons de cálcio e potássio pela corrente transpiratória [Chen & Peng, 2018]. A fração solúvel deste nutriente é considerada intermediária, sendo superior

à fração do cálcio e inferior à do potássio. Cerca de 70% do magnésio transportado pelo vegetal está solúvel associado a ânions inorgânicos e ácidos orgânicos, principalmente ao malato e ao citrato [Cakmak & Kirby, 2008].

A porção insolúvel do magnésio é transportada junto ao oxalato e ao pectato. É importante destacar que o magnésio é um nutriente móvel no floema de forma a ser redistribuído pelo vegetal conforme sua necessidade.

As principais fontes de magnésio usadas na agricultura são o calcário dolomítico, o óxido de magnésio e o sulfato de magnésio. O calcário dolomítico é caracterizado por ter dupla função e por ter uma maior concentração de Mg disponível em sua composição, normalmente acima de 12%.

O calcário dolomítico é vastamente utilizado, pois, além de fornecer o cátion de magnésio ao vegetal, também é importante no processo de correção da acidez dos solos, contudo é necessário destacar que, conforme Jaghdani *et al.* [2021], o feijoeiro comum necessita, em média, de 1,5 a 3,5g de magnésio por kg^{-1} de massa seca, isso para que alcance as melhores condições de desenvolvimento e produtividade. Assim, o uso do produto sem a devida orientação pode se tornar um problema tendo em vista que dosagens inadequadas podem ocasionar desequilíbrios na dinâmica nutricional do solo como a mineralização matéria orgânica e competição entre nutrientes.

O óxido e o sulfato de magnésio são fontes mais concentradas, sendo capazes de favorecer a nutrição completa para as plantas, principalmente quando elas já apresentam sintomas de deficiência, e como são aplicados nas folhas, podem ser facilmente lixiviados, o que requer um maior cuidado no processo de aplicação.

A aplicação do magnésio foliar não é uma garantia de que a cultura de feijão aumentará suas taxas fotossintéticas, contudo é instigante e justificável a realização deste trabalho ao vislumbre da possibilidade de obtenção de maiores produtividades de biomassa via aplicação do nutriente em quantidades adequadas. Chen & Peng [2018] descrevem que a adubação foliar com magnésio apenas é válida quando realizada de forma corretiva, tendo em consideração a alta necessidade do nutriente para o vegetal. Boaretto *et al.* [2020] afirmam que a adubação do magnésio via foliar é considerada a mais vantajosa apenas quando em pequenas doses, tendo em conta sua rápida absorção pela planta.

Apesar da importância do Mg para as plantas bem como a sua relação com outros nutrientes, ainda há poucas informações sobre a aplicação de Mg na cultura do feijão comum no Brasil. Dessa forma, o objetivo foi avaliar a influência da aplicação de

diferentes doses de Mg via foliar nos aspectos fisiológicos crescimento e produtividade de grãos, na cultivar BRS estilo de feijoeiro comum cultivado no inverno, visando a maximizar a eficiência produtiva da cultura.

1.1 Referências

BOARETTO, R. M.; HIPPLER, F. W. R.; FERREIRA, G. A.; AZEVEDO, R. A.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS Jr., D. The possible role of extra magnesium and nitrogen supply to alleviate stress caused by high irradiation and temperature in lemon trees. **Plant and Soil**, v.457, p.57-70, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04597-y> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-020-04597-y> Acesso em: 5 ago. 2022.

BURATTO, J. S.; MODA-CIRINO, V. Estimativas de parâmetros genéticos para ferro, zinco, magnésio e fósforo em grãos de feijão. **Comunicata Scientiae**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 24–31, 2017. DOI: 10.14295/cs.v8i1.1073. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/1073>. Acesso em: 23 ago. 2022.

CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiol. Plant**. v.133, n.4, p.692-704, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x> Acesso em: 5 ago. 2022.

CANIZELLA, B. T. **Eficiência de uso de magnésio por cultivares de feijoeiro**. 2014. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000190596> Acesso em: 13 ago. 2022.

CHEN, Z. C.; PENG, W. T.; LI, J.; LIAO, H. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. **Semin. Cell Dev. Biol.** 74, 142-152, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2017.08.005> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084952117302574?via%3DiHub> Acesso em: 14 ago. 2022.

EMBRAPA. Secretaria de Comunicação. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **Balanco Social Embrapa 2019**. Brasília, DF, 2019. 47p. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069833/balanco-social-embrapa-2019>. Acesso em: 15 ago. 2022.

GERENDÁS, J.; FÜHRS, H. The significance of magnesium for crop quality. **Plant Soil**, v.368, p.101-128, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1555-2> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-012-1555-2> Acesso em: 14 ago. 2022.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. Chapter 6 - Functions of macronutrients. *In*: MARSCHNER, P. (Ed.) **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. Pergamon, UK, 2012, p.35-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849052000066?via%3Dihub> Acesso em: 20 ago. 2022.

IBGE - **Produção agrícola municipal** - SIDRA 2019. Disponível em: Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1002> Acesso em: 10 set. 2022.

JAGHDANI, S. J.; JAHNS, P.; TRÄNKNER, M. Mg deficiency induces photo-oxidative stress primarily by limiting CO₂ assimilation and not by limiting photosynthetic light utilization. **Plant Science**, v.302, p.110751, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110751> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945220303575?via%3Dihub> Acesso em: 5 ago. 2022.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas** (princípios e aplicações). 2.ed. Potafso: Piracicaba. 1997. 319p

TRÄNKNER, M.; JÁKLI, B.; TAVAKOL, E.; GEILFUS, C.-M.; ÇAKMAK, I.; DITTERT, K.; SENBAYRAM, M., 2016. Magnesium deficiency decreases biomass water-use efficiency and increases leaf water-use efficiency and oxidative stress in barley plants. **Plant Soil**, v.406, p.409-423. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2886-1> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-016-2886-1> Acesso em: 15 ago. 2022.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito das aplicações foliares de magnésio sobre as trocas gasosas, o crescimento e a produtividade da cultura do feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo.

3 ARTIGO

Trocas gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum com aplicação foliar de magnésio

(Normas de acordo com a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB)

Giuliano Deyvison Borges Alves^[1], Gleyca Andrade dos Santos^[3], Willian Henrique Diniz Buso^[1], Hyrandir Cabral de Melo^[2], and Cleiton Mateus Sousa^[1]

^[1]Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, Rodovia GO-154, Km 03, s/n, CEP: 76.300-000, Ceres, GO, e-mail: cleiton.sousa@ifgoiano.edu.br, giulianodeyvison@hotmail.com, willian.buso@ifgoiano.edu.br

^[2]Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Samambaia Campus Universitário II CEP: 74001970 - Goiânia, GO, e-mail: hyrandir@yahoo.com.br

^[3]SENAR Mais Cacau - ATeG, Travessa Girassol, nº 957, Bairro Jardim Primavera – CEP68337660, Altamira PA, e-mail: gleycaagronoma@gmail.com

Resumo - O magnésio é um dos componentes da clorofila e está associado a diversas atividades metabólicas e enzimáticas. A aplicação pode minimizar estresses fisiológicos causados pelo excesso da radiação solar e favorecer as trocas gasosas e produtividade. Avaliou-se a aplicação foliar de sulfato de magnésio tetra-hidratado sobre as trocas gasosas, crescimento e produtividade do feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo. Para as trocas gasosas, adotou-se um fatorial (5x4) em parcelas subdivididas, sendo cinco fases fenológicas (V4, R5, R6, R8 e R9) nas parcelas e quatro doses de magnésio (0 g ha⁻¹, 250 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹ e 1000 g ha⁻¹) nas subparcelas. Já para as variáveis de crescimento e produtividade, adotou-se o fatorial (4x2) em parcelas subdivididas, sendo quatro doses de magnésio (0 g ha⁻¹, 250 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹ e 1000 g ha⁻¹) nas parcelas e duas fases fenológicas (V4 e R6) nas subparcelas. A condutância estomática, fotossíntese, transpiração e déficit de vapor e pressão foram influenciadas pela interação das doses de magnésio com as fases fenológicas. As doses de Mg somente influenciaram a altura das

plantas. A aplicação foliar de magnésio em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, não aumentou a produtividade.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L., Cultivar BRS Estilo, Fotossíntese.

3 ARTICLE

Gas exchange, growth and yield of common bean with foliar magnesium application

(Standards according to the journal Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB)

Giuliano Deyvison Borges Alves^[1], Gleyca Andrade dos Santos^[3], Willian Henrique Diniz Buso^[1], Hyrandir Cabral de Melo^[2], and Cleiton Mateus Sousa^[1]

^[1]Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, Rodovia GO-154, Km 03, s/n, CEP: 76.300-000, Ceres, GO, e-mail: cleiton.sousa@ifgoiano.edu.br, giulianodeyvison@hotmail.com, willian.buso@ifgoiano.edu.br

^[2]Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Samambaia Campus Universitário II CEP: 74001970 - Goiânia, GO, e-mail: hyrandir@yahoo.com.br

^[3]SENAR Mais Cacau - ATeG, Travessa Girassol, nº 957, Bairro Jardim Primavera – CEP68337660, Altamira PA, e-mail: gleycaagronoma@gmail.com

Abstract - Magnesium is one component of chlorophyll and is associated with many metabolic and enzymatic activities. Its application can minimize physiological stress due to excess solar radiation and favor gas exchange and yield. The foliar application of magnesium sulfate tetrahydrate on gas exchange, growth, and yield of common bean cultivar BRS Estilo was evaluated. For gas exchange, a factorial scheme 5 x 4 was used in split split plots with five phenological phases (V4, R5, R6, R8, and R9) in the plots and four magnesium doses (0 g ha⁻¹, 250 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, and 1000 g ha⁻¹) in the split plots. A factorial scheme 4 x 2 was used for the growth and yield variables in split split plots with four magnesium doses (0 g ha⁻¹, 250 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, and 1000 g ha⁻¹) in the plots and two phenological phases (V4 and R6) in the split plots. Stomatal conductance, photosynthesis, transpiration, and vapor and pressure deficit were influenced by the interaction of magnesium doses with the phenological phases. Mg doses only influenced plant height. Magnesium foliar application in common bean plant, cultivar BRS Estilo, did not increase the yield.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., Cultivar BRS Estilo, Photosynthesis.

3.1 Introdução

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um vegetal polivalente, tendo em vista o seu grande aproveitamento, que vai muito além dos grãos, e subprodutos como caule, folhas e vagens secas são vastamente utilizados para a alimentação animal, uma vez que têm grandes quantidades de nutrientes [Sherasia *et al.*, 2017].

Entre as principais culturas alimentares presentes no prato do brasileiro, o feijão comum é o que apresenta o maior índice de variedade no que diz respeito ao crescimento e às características do grão, sendo que para esta última característica é comum observar variabilidade na cor, no tamanho, na forma, no sabor e até mesmo no tempo de amadurecimento. É importante destacar que a alta variabilidade facilita o seu processo de adaptação, contribuindo assim para a diversidade das culturas, fator que permite que o grão possa ser cultivado com certa facilidade em praticamente todos os continentes do planeta [Santos *et al.*, 2015].

Originalmente a maior parte dos solos brasileiros não apresenta a quantidade de nutrientes necessários para o pleno desenvolvimento do feijoeiro comum, evidenciando a necessidade de adubação para alcançar uma produção satisfatória ao longo do ciclo da cultura. Portanto, percebe-se a importância da adubação química e do manejo adequado dos fertilizantes conforme as necessidades de cada cultivar [Alemu, 2018].

Em domínios de Cerrado, os solos são reconhecidos por apresentarem baixas taxas de magnésio (Mg), que é um macronutriente secundário, essencial para o desenvolvimento dos vegetais [Hawkesford *et al.*, 2012]. O magnésio é conhecido por seu papel essencial na formação da clorofila, atuando como átomo central da molécula e, conseqüentemente, no processo fotossintético. Cakmak & Kirby [2008] sugerem que órgãos como raízes em crescimento e sementes em desenvolvimento também são severamente afetados pela deficiência do Mg, considerando que este nutriente é fundamental para a formação das Mg-ATPases, que são moléculas que fornecem energia para o processo de carregamento de carboidratos pelo floema, logo, a ausência de magnésio pode fazer com que os açúcares produzidos nas folhas não cheguem a órgãos mais distantes como raízes e sementes, inibindo o desenvolvimento do vegetal.

Entre as funções do magnésio, destacam-se fotofosforilação (formação de ATP nos cloroplastos), fixação fotossintética de dióxido de carbono (CO₂), síntese de

proteínas, formação de clorofila, carga de floema, partição e utilização de fotoassimilados, geração de espécies não reativas de oxigênio e foto-oxidação em tecidos foliares [Hawkesford *et al.*, 2017].

É importante destacar que o magnésio ocorre no solo de três formas distintas: iônica (Mg^{2+}), que corresponde a cerca de 1% do total no solo; trocável, quando adsorvido nos sítios de troca catiônica das partículas coloidais de argilas e matéria orgânica, correspondendo a aproximadamente 2% do teor total; e não trocável, inerte, dentro da estrutura cristalina das rochas, correspondendo a cerca de 97% do total do elemento [Chen & Peng, 2018].

Contudo somente quando na forma iônica ou trocável é que o magnésio estará disponível para as plantas, podendo ser absorvido pelas raízes. Existe um equilíbrio dinâmico entre o Mg em solução e o Mg trocável, de forma a garantir o constante restabelecimento da solução do solo pelas partículas de argila e matéria orgânica do solo [Boaretto *et al.*, 2020].

A relação magnésio-plantas é intensa, de forma que o nutriente atua como ativador de mais de 300 enzimas. RNA polimerases, ATPases, quinases, fosfatases e carboxilases, com destaque para a rubisco, são exemplos de algumas importantes enzimas que são ativadas pela ação direta deste cátion [Cakmak & Kirby, 2008].

O cátion de magnésio é caracterizado por apresentar o maior raio hidratado entre todos os nutrientes (0,428nm), bem como a maior densidade de carga e o menor raio iônico (0,072nm), o que lhe confere uma forte ligação com a água, cerca de 3 a 4 vezes mais intensa que os outros cátions. Uma característica deste nutriente é a similaridade entre seu raio hidratado e o do cátion de Alumínio, fator que faz com que as enzimas externas das raízes dos vegetais tenham dificuldade nos processos de reconhecimento, seleção e adsorção do Mg, podendo ocasionar problemas ao vegetal, isso ocorrendo com muita frequência em culturas que se desenvolvem em solos ácidos como os solos do Cerrado.

Outro ponto é o fato de o cátion de magnésio se ligar com menos intensidade à parede externa da raiz dos vegetais quando comparado aos íons de H^+ e Al^{3+} [Chen & Peng, 2018], encontrados em grandes quantidades nos solos de Cerrado. Em razão disso, ocorre inibição do carregamento de cátions de magnésio pelas enzimas ATPases, dificultando o processo de entrada do Mg nas plantas. Vale destacar que quase todos os transportadores transmembranas que conduzem o Mg têm alta afinidade para o cátion de

alumínio, de forma que se conhecem poucas proteínas transportadoras que têm alta afinidade com o Mg [Cakmak & Kirby, 2008].

A absorção do magnésio pode ocorrer tanto via apoplástica quanto via simplástica. Buratto *et al.* [2017] descrevem que a principal forma de entrada ocorre via simplástica, fator que faz com que este nutriente seja encontrado em altas concentrações na maioria dos tecidos vegetais, como, por exemplo, nos grãos.

Mesmo o Mg sendo o elemento base da molécula da clorofila, ele é considerado um nutriente móvel no interior dos vegetais, ou seja, uma vez que a molécula é degradada, o Mg é encaminhado e aproveitado por outros órgãos vegetais como folhas jovens, caule, raízes e grãos. Nas plantas, a perda ou a ausência do magnésio nas clorofilas causa clorose das folhas mais velhas, processo pelo qual os vegetais adquirem coloração marrom oliva, afetando diretamente o cromóforo e a absorção de luz pela planta [Tränkner *et al.*, 2016].

Quando a molécula de clorofila é decomposta, o átomo de magnésio é liberado e exportado via floema para outros órgãos vegetais, principalmente para as folhas mais jovens, deixando então de ter o papel de átomo central da molécula, ação que faz com que a clorofila sofra uma mudança em sua cor, função e nome [Jaghdani *et al.*, 2021]. Estas novas estruturas passam então a ser chamadas de feoforbídeos ou feofitinas e deixam de atuar na fixação de carbono na enzima rubisco e passam a atuar como moléculas transportadoras de elétrons no fotosistema II, desempenhando o papel de doadores de elétrons para as quinonas, afetando diretamente a produção de fotoassimilados.

Sabe-se que os feijões do gênero *Phaseolus* são originários da América do Sul, especificamente das áreas onde hoje se encontram o México e a Guatemala, fazendo parte então de um grupo de plantas relativamente adaptadas às regiões tropicais do globo, caracterizadas pelos altos índices de incidência solar e intenso calor, assim estas culturas têm poucos problemas quando em situações de estresse luminoso. Grzebisz [2015] descreve que doses adequadas de magnésio atuam reduzindo ainda mais o dano foliar do feijoeiro quando exposto a altas intensidades de luz e calor, de forma a reduzir a geração de espécies reativas de oxigênio, que são prejudiciais aos vegetais agindo como inibidoras no processo de fixação de gás carbônico pela rubisco.

Mesmo sendo muito importante para o feijoeiro, o magnésio geralmente é aplicado apenas no momento de calagem, o que pode não ser suficiente. É válido lembrar que o calcário dolomítico pode, em algumas circunstâncias, apresentar baixas concentrações de magnésio em sua composição, o que pode ser um problema, levando

em consideração que o excesso de calcário aumenta o pH do solo, reduzindo a disponibilidade de nutrientes [Boaretto *et al.*, 2020]. Para a adubação do feijoeiro com magnésio, seu uso na forma foliar pode ser considerado mais vantajoso, tendo em vista a rápida absorção pela planta e a redução na competição por enzimas transportadoras com os cátions de alumínio, hidrogênio e potássio no sistema radicular.

Faz-se necessário a realização de pesquisas sobre a aplicação deste nutriente em plantas de feijoeiro comum, de forma a avaliar se o magnésio, quando aplicado em quantidades ideais e de maneira foliar, é capaz ou não de alterar o comportamento da cultura pela redução do estresse luminoso e intensificação da produção de fotoassimilados. Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito das aplicações foliares de magnésio sobre as trocas gasosas, o crescimento e a produtividade do feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 15/05/2021 a 29/09/2021 em uma área de 600 m², com irrigação do tipo pivô central, no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, com latitude 15°20'46" S e longitude 49°35'50", altitude de 561 metros e classificação climática de Köppen-Geiger Aw – tropical com inverno seco [Cardoso *et al.*, 2014].

A espécie estudada foi o *Phaseolus vulgaris* L., cultivar BRS ESTILO, descrita e publicada via comunicado técnico da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) nº 186, ano de 2009. Essa cultivar é caracterizada por ter ciclo médio, entre 85 a 90 dias da emergência à maturação fisiológica. Suas plantas são arbustivas, com hábito de crescimento indeterminado, as flores são brancas, as vagens são bicolores, amarelas levemente estriadas de vermelho. Os grãos são do tipo carioca (bege, com rajadas marrom), de forma elíptica, semicheia, sem brilho. A arquitetura da planta é ereta e tem boa tolerância ao acamamento, sendo adaptada à colheita mecânica. Apresenta produtividade média de 2.072,3 kg ha⁻¹, com potencial produtivo em ponto máximo de 4.011 kg ha⁻¹.

A área apresenta características de solo de “Domínio Cerrado”. Para avaliação da fertilidade do solo, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20 cm. As propriedades físico-químicas do solo apresentaram-se da seguinte forma: pH (5,1),

matéria orgânica ($25,10 \text{ g dm}^{-3}$), Cálcio ($2,88 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Magnésio ($1,44 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Alumínio ($0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Fósforo ($33,0 \text{ mmol dm}^{-3}$) e Potássio ($269,0 \text{ mg dm}^{-3}$).

Foram feitas duas gradagens pesadas, logo depois uma gradagem leve com a niveladora para uniformização da área. Posteriormente, foi feita a adubação de acordo com a análise de solo e recomendações de Lobato & Souza [2004]. A semeadura foi feita mecanicamente. A adubação nitrogenada em cobertura foi feita com ureia entre o primeiro e terceiro trifólio completamente aberto, aos 15 dias após a emergência. O manejo fitossanitário foi feito conforme recomendações para a cultura em cada estágio de desenvolvimento.

Para as avaliações fisiológicas, adotou-se o delineamento experimental em arranjo em DBC (Delineamento em Blocos Casualizados) com fatorial 5×4 com parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas fases fenológicas V4 (24 dias após a emergência), R5 (38 dias após a emergência), R6 (53 dias após a emergência), R8 (67 dias após a emergência) e R9 (81 dias após a emergência) e as subparcelas, pelas doses de Magnésio (0 g ha^{-1} , 250 g ha^{-1} , 500 g ha^{-1} e 1000 g ha^{-1}). As doses de magnésio foram aplicadas em dois momentos, a primeira aplicação ocorreu no estágio V4 – (24 dias após a emergência), e a segunda, no estágio R6 (53 dias após a emergência).

Já para as avaliações de crescimento e produtividade, adotou-se delineamento em arranjo fatorial 4×2 em parcelas divididas. As parcelas foram constituídas pelas doses de magnésio (0 g ha^{-1} , 250 g ha^{-1} , 500 g ha^{-1} e 1000 g ha^{-1}) e as subparcelas, pelos momentos de aplicação de magnésio, sendo o primeiro na fase V4 (24 dias após a emergência) e o segundo na fase R6 (53 dias após a emergência).

As parcelas foram constituídas por quatro linhas de cinco metros e as avaliações feitas nas duas linhas centrais, desprezando 0,5 m nas extremidades. O espaçamento entre linhas foi de 0,5m com 12 sementes por metro linear.

Foi utilizado o sistema de irrigação com pivô central, e o manejo de irrigação foi feito por meio do “Tanque Classe A” conforme a taxa de evapotranspiração em cada estágio fenológico da cultura. A lâmina de irrigação foi corrigida conforme a variação do Kc da cultura. A taxa de evapotranspiração foi obtida pela evaporação do “tanque classe A”, conferida diariamente às 6h da manhã.

Todos os dados meteorológicos foram coletados pela estação meteorológica do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres e lançados na equação ($ET_c = K_p \cdot ECA \cdot K_c$). Em que ET_c - evapotranspiração da cultura, em mm d^{-1} ; K_p – coeficiente do tanque,

adimensional; ECA – evaporação do tanque Classe A; Kc – coeficiente da cultura, adimensional. Para o cálculo da lâmina bruta (mm dia^{-1}) a ser aplicada na cultura, foram utilizadas as equações de relação entre a irrigação real necessária (IRN) e a eficiência de aplicação. O turno de rega (TR) foi de dois dias.

As leituras para avaliar a fotossíntese líquida, a transpiração, a condutância estomática e o déficit de pressão de vapor foram feitas com o analisador de gases portátil, modelo Bio CID-340 (Ultra-Light Portable Photosynthesis System). Em cada planta, foram selecionadas quatro folhas totalmente expandidas, sem injúria e feitas três leituras de trocas gasosas em cada folha.

A aplicação foliar do magnésio foi feita com sulfato de magnésio tetra-hidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), produto comercial MAG FLO – AGRICHEM®, com as seguintes características físico-químicas: líquido, marrom, odor característico intenso, pH entre 11,5 – 12,5, solubilidade em água e viscosidade média variável entre 500 e 700 centPoise. A aplicação foliar foi efetuada em dois momentos do desenvolvimento do feijoeiro (V4 - aos 24 dias após a emergência) e (R6 – aos 53 dias após a emergência), ambas feitas com bomba costal.

A colheita foi feita quando cerca de 90% das vagens de todas as plantas estavam na coloração palha, com base nas recomendações de Souza Filho [2008], Vieira *et al.*, [2006] e Freire *et al.* [2013], aos 97 dias após a emergência. Foram avaliados altura de plantas, número de ramos, grãos por vagem, vagem por planta, peso de mil grãos e produtividade.

Os dados foram submetidos à análise de variância com teste F a 5% de probabilidade de erro e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% e à análise de regressão para as variáveis quantitativas, utilizando o Software SISVAR.

3.3 Resultados e discussão

A interação das doses de Magnésio com as aplicações nas fases fenológicas influenciou as trocas gasosas de feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo (Tabela 1). A condutância estomática nas fases V4, R5 e R6 não foi influenciada pela aplicação de magnésio, enquanto nas fases R8 e R9, as aplicações de 250 e 1000 g ha^{-1} proporcionaram médias superiores às demais doses (Tabela 2).

A transpiração nas fases V4, R5 e R6 não foi influenciada pela aplicação de magnésio, na fase R8 a dosagem 0 g ha⁻¹ obteve a menor média, na fase R9 as aplicações de 250 g ha⁻¹ e 1000 g ha⁻¹ proporcionaram médias superiores às demais doses (Tabela 4).

Sem a aplicação de Magnésio, as maiores condutância estomática e de transpiração foram observadas na fase R6, o que pode ser justificado pelo fato de que este momento é caracterizado por ser um período de transição do vegetal, ou seja, o feijoeiro sai do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo, fator que por si só é responsável por grandes transformações no metabolismo vegetal. A condutância estomática e a transpiração na aplicação de 250g ha⁻¹, as médias observadas nas fases R6, R8 e R9 foram superiores às fases V4 e R5. Na aplicação de 500 g ha⁻¹, a condutância estomática e a transpiração obtidas na fase R6 foram superiores às fases V4 e R5. Já na aplicação de 1000 g ha⁻¹, a condutância estomática e a transpiração na fase R6 foram superiores às fases V4 e R5 (Tabelas 2 e 4).

O déficit de pressão de vapor nas fases V4, R6 e R8 não foi influenciado pela aplicação de magnésio, contudo, na fase R5, a dosagem de 1000 g ha⁻¹ foi superior à dose de 500g ha⁻¹. Na fase R9, controle e dose 500 g ha⁻¹ proporcionaram médias superiores às demais doses (Tabela 3).

Sem a aplicação de Magnésio, a fase R9 foi superior à fase R6 (Tabela 3). Na dose de 250 g ha⁻¹, a fase V4 foi superior à fase R8. Na dose 500g ha⁻¹, não houve diferença entre as fases. Na dose 1000 g ha⁻¹, a fase R5 foi superior às demais.

A fotossíntese nas fases V4, R5 e R6 não foi influenciada pela aplicação de magnésio, enquanto na fase R8, a aplicação de 1000 g ha⁻¹ proporcionou resultado superior à dose zero. Na fase R9, a aplicação de 250 g ha⁻¹ proporcionou média superior (Tabela 5).

Sem a aplicação de Magnésio e na aplicação de 1000 g ha⁻¹, a menor taxa fotossintética foi observada na fase R9, que representa o final do ciclo da cultura. Nesta fase, as folhas tendem a entrar em processo de senescência, perdendo a coloração verde pela conversão da molécula da clorofila em outros pigmentos. Neste momento, ocorre naturalmente uma redução nas taxas fotossintéticas e mobilização de nutrientes. Na aplicação de 250 g ha⁻¹, não houve diferença entre as fases. Na aplicação de 500 g ha⁻¹, as fases R5, R6 e R8 apresentaram médias superiores à fase R9 (Tabela 5).

O magnésio também interfere diretamente na atividade fotossintética dos vegetais, tendo papel de átomo central da molécula da clorofila, ao centro de um anel de

porfirina, no complexo de absorção de luz dos cloroplastos, atuando no processo de carboxilação pela rubisco de forma a permitir que as plantas realizem a fotossíntese [Moynier & Fujii, 2017]. O nutriente, quando em doses adequadas, também é essencial para a síntese de proteínas e para manter a integridade dos cloroplastos, sua deficiência ocasiona alterações na estrutura da organela, resultando no acúmulo de elétrons não utilizados nos cloroplastos, levando à formação de espécies reativas de oxigênio (EROS), peroxidação lipídica, desnaturação de proteínas e inibição da ação de enzimas [Jagdani *et al.*, 2021].

A deficiência de magnésio compromete a exportação de sacarose no floema, o que provoca acúmulo de carboidratos nas folhas, comprometendo a realização de processos fisiológicos de interesse do vegetal [Cakmak & Kirby, 2008]. A ausência de Mg nos vegetais causa intensos prejuízos na clorofila, processos fotossintéticos e atividades enzimáticas.

O déficit de pressão de vapor exerce influência na condutância estomática e fotossíntese. Isso porque condições de alta transpiração e baixa condutância estomática, causadas por taxas elevadas de déficit de vapor, resultam em redução da fotossíntese e produção de fotoassimilados. Como resposta a essa situação, a planta tende a aumentar suas concentrações de CO₂, podendo causar prejuízos ao desenvolvimento pela produção de tipos reativos de oxigênio e menor eficiência no uso dos nutrientes [Grossiord *et al.*, 2020].

Não houve interação significativa para a altura de plantas, número de ramos, produtividade, grãos por vagem, vagem por planta e peso de mil grãos. Contudo, as doses de magnésio influenciaram na altura das plantas. A fase, momento da aplicação, influenciou o número de ramos (Tabela 6). O que ocorreu devido ao fato de a fase fenológica V4 (DAE 24) ser o último estágio vegetativo do feijoeiro antes de entrar nas fases reprodutivas, momento em que o crescimento é estimulado naturalmente pela cultura, independentemente de fatores externos.

A altura máxima com as doses aplicadas foi de 107,78 cm, o que representa 6,49% de acréscimo quando comparado com a média geral, sendo estimado com a aplicação de 504,16 g ha⁻¹ de magnésio (Figura 1). Quanto ao número de ramos, a aplicação de Magnésio na fase V4 proporcionou o maior resultado, independentemente da dosagem aplicada (Tabela 8).

O magnésio, principalmente quando aplicado via foliar, tem ação no aumento do metabolismo, auxiliando as rotas de produção de energia, juntamente com o fósforo. A

ligação do magnésio com o ATP é essencial para as atividades das H⁺ATPases da membrana plasmática, bem como na ativação da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase de forma a formar moléculas subsequentes de 3-fosfoglicerato (3-PGA), o qual é utilizado para construir carboidratos a partir do uso de ATP e NADPH produzidos durante o processo fotossintético, [Chen & Peng, 2018], carboidratos que têm papel essencial para o incremento da produtividade.

3.4 Conclusão

Considerando os achados neste estudo, pode-se concluir que:

- a) a aplicação foliar de magnésio influenciou a fotossíntese nas fases R8 e R9;
- b) as plantas alcançaram a maior altura na dosagem de 500 g ha⁻¹, bem como um maior número de ramos quando a aplicação ocorreu na fase V4, contudo conclui-se que tais fatores não interferiram na produtividade de grãos; e
- c) a aplicação foliar de magnésio, independentemente da dose ou da fase para a cultivar de feijoeiro BRS Estilo, não influenciou na produtividade.

3.5 Referências

- ALEMU, H. Breeding common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for canning quality traits: a review. **Journal of Agricultural Science and Food Research**, v.9, p.1-4, 2018. Disponível em: <http://www.ijarp.org/published-research-papers/sep2017/Review-Paper-On-Breeding-Common-Bean-phaseolus-Vulgaris-L-Genotypes-For-Acidic-Soil-Tolerance.pdf> Acesso em: 21 ago. 2022.
- BOARETTO, R. M.; HIPPLER, F. W. R.; FERREIRA, G. A.; AZEVEDO, R. A.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS Jr., D. The possible role of extra magnesium and nitrogen supply to alleviate stress caused by high irradiation and temperature in lemon trees. **Plant and Soil**, v.457, p.57-70, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04597-y> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-020-04597-y> Acesso em: 5 set. 2022.
- BURATTO, J. S.; MODA-CIRINO, V. Estimativas de parâmetros genéticos para ferro, zinco, magnésio e fósforo em grãos de feijão. **Comunicata Scientiae**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 24–31, 2017. DOI: 10.14295/cs.v8i1.1073. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/1073>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiol. Plant**, v.133, n.4, p.692-704, 2008.

<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x> Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x> Acesso em: 10 set. 2022.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic Classification of Köppen-Geiger For the State of Goiás and Federal District. **Acta Geográfica**, v.8, n.16, p.40-55, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v8i16.1384> Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/1384> Acesso em: 20 set. 2022.

CHEN, Z. C.; PENG, W. T.; LI, J.; LIAO, H. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. **Semin. Cell Dev. Biol.** 74, 142-152, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.semdb.2017.08.005> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084952117302574?via%3Dihub> Acesso em: 14 ago. 2022.

FREIRE, L. R. (Coord.) **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Editora Universidade Rural, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177352/1/Manual-de-calagem-e-adubacao-RJ-2013.pdf> Acesso em: 26 jul. 2022.

GROSSIORD, C.; BUCKLEY, T. N.; CERNUSAK, L. A.; NOVICK, K. A.; POULTER, B.; SIEGWOLF, R. T. W.; SPERRY, J. S.; MCDOWELL, N. G. Plant responses to rising vapor pressure deficit. **New Phytologist**, v.226, n.6, p.1550-1566, 2020. <https://doi.org/10.1111/nph.16485> Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.16485> Acesso em: 20 set. 2022.

GRZEBISZ, W. Magnesium. *In*: Barker, A.V., Pilbeam, D.J. (Eds.). **Handbook of Plant Nutrition**. CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, FL, 2015, p.199-260.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. Chapter 6 - Functions of macronutrients. *In*: MARSCHNER, P. (Ed.) **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. Pergamon, UK, 2012, p.35-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849052000066?via%3Dihub> Acesso em: 7 set. 2022.

JAGHDANI, S. J.; JAHNS, P.; TRÄNKNER, M. Mg deficiency induces photo-oxidative stress primarily by limiting CO₂ assimilation and not by limiting photosynthetic light utilization. **Plant Science**, v.302, p.110751, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110751> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945220303575?via%3Dihub> Acesso em: 5 set. 2022.

LOBATO, E.; D.M.G, SOUSA, D. M. G. de. 2002. Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva. *In*: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004, 2.ed., 416p., p.257-282. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355> Acesso em: 3 set. 2022.

MOYNIER, F.; FUJII, T. Theoretical isotopic fractionation of magnesium between chlorophylls. **Scientific reports**, v. 7, n.6973, p.1-6, 2017.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-07305-6> Disponível em:
<https://www.nature.com/articles/s41598-017-07305-6#citeas> Acesso em: 2 set. 2022.

SOUZA FILHO, B. F. de. Feijão, informações básicas. **Informe Técnico**, v.37. PESAGRO-RIO, 2008, 10p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.pesagro.rj.gov.br/sites/site_pesagro/files/arquivos_paginas/08%20Feij%C3%A3o%20Informa%C3%A7%C3%B5es%20B%C3%A1sicas.pdf Acesso em: 1 set. 2022.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M.L.; VIEIRA, R. F.; PINHEIRO, L.R. Botânica. In: CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015, 384p. p.37-66. ISBN: 978-85-7269-513-8

SHERASIA, P. L.; GARG, M. R.; BHANDERI, B. M., 2017. **Pulses and their by-products as animal feed**, [CALLES, T.; MAKKAR, H. P. S. (Ed.)]. Rome, Italy: FAO. 222p. <https://www.fao.org/3/i7779e/i7779e.pdf> Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fao.org/3/i7779e/i7779e.pdf Acesso em: 20 ago. 2022.

TRÄNKNER, M.; JÁKLI, B.; TAVAKOL, E.; GEILFUS, C.-M.; CAKMAK, I.; DITTERT, K.; SENBAYRAM, M., 2016. Magnesium deficiency decreases biomass water-use efficiency and increases leaf water-use efficiency and oxidative stress in barley plants. **Plant Soil**, v.406, p.409-423. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2886-1> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-016-2886-1> Acesso em: 27 ago. 2022.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**, 2.ed, Viçosa, UFV, 2006. 600p.

6 QUADRO, TABELAS E FIGURA

Quadro. Cronograma de plantio, monitoramento e atividades do experimento com feijoeiro comum, monitoramento e atividades do experimento com feijoeiro comum

Cronograma de plantio, monitoramento de atividades do experimento com o feijoeiro comum <i>Phaseolus vulgaris</i> L.		
Atividade	Datas	Observação
Data de semeadura	17/06/2021	Variedade: BRS – Estilo
Data da emergência	25/06/2021	-
Aplicação do Inseticida	05/07/2021	Tiger: 250 ml ha ⁻¹ Klorpan: 800 ml ha ⁻¹ Calda total: 300L ha ⁻¹
Aplicação de inseticida	09/07/2021	Tiger: 250 ml ha ⁻¹ Klorpan: 800 ml ha ⁻¹ Recop: 500g ha ⁻¹ Calda: 250 L ha ⁻¹
Aplicação de magnésio foliar – Estágio V4	14/07/2021	250g/ha ⁻¹ = 8ml 500g/ha ⁻¹ = 16ml 1000g/ha ⁻¹ = 24ml
Aplicação de inseticida e herbicida	16/07/2021	Tiger: 200ml ha ⁻¹ Nuprid: 3 kg ha ⁻¹ Klorpan: 800 ml ha ⁻¹ Basagran: 100 mg ha ⁻¹ Fusilade: 100 mg ha ⁻¹
Primeira avaliação fisiológica. (IRGA)	19/07/2021	Estágio V4
Adução Nitrogenada	20/07/2021	Sulfato de Amônia: 30kg ha ⁻¹
Aplicação de inseticida e fungicida	29/07/2021	Abamectin: 200ml ha ⁻¹ Authority: 500ml ha ⁻¹
Segunda avaliação fisiológica. (IRGA)	02/08/2021	Estágio R5
Aplicação de magnésio foliar – Estágio R6	12/08/2021	250g ha ⁻¹ = 8ml 500g ha ⁻¹ = 16ml 1000g ha ⁻¹ = 24ml
Terceira avaliação fisiológica. (IRGA)	17/08/2021	Estágio R6
Quarta avaliação fisiológica. (IRGA)	31/08/2021	Estágio R8
Quinta avaliação fisiológica. (IRGA)	14/09/2021	Estágio R9
Colheita	24 e 25/09/2021	-
Batenamento	28/09/2021	-

Tabela 1. Resumo da significância da análise de variância para fase fenológica, dose de magnésio e interação fase x dose; Condutância estomática, fotossíntese, transpiração, déficit de pressão e vapor

Fonte de Variação	Condutância estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Fotossíntese (μmol m ² s ⁻¹)	Transpiração (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Déficit de vapor e pressão (m ² s ⁻¹)
Fase	*	*	*	*
Dose de magnésio	N/S	N/S	N/S	N/S
Fase x Dose (mg)	*	*	*	*
CV 1	28,47	21,64	20,84	26,93
CV 2	22,03	15,26	11,23	15,79
Média geral	437,71	20,52	6,08	1,58

*Teste F significativo a 5% de probabilidade de erro. N/S = não significativo.

Tabela 2. Condutância estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio

Aplicação de Magnésio (g ha^{-1})	Fases fenológicas				
	V4	R5	R6	R8	R9
0	275,63 Ab	334,65 Ab	616,77 Aa	384,02 Cb	363,46 Cb
250	296,88 Ab	320,00 Ab	520,94 Aa	582,82 Aa	635,87 Aa
500	285,06 Ac	366,85 Abc	568,22 Aa	464,15 BCab	470,98 BCab
1000	320,04 Ab	263,82 Ab	567,12 Aa	543,52 Aba	573,61 ABa
Média Geral	294,40	321,33	568,26	493,62	510,40

* Letra maiúscula compara médias na coluna e letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Déficit de pressão e vapor ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio

Aplicação de Magnésio (g ha^{-1})	Fases Fenológicas				
	V4	R5	R6	R8	R9
0	1,58 Aab	1,68 ABab	1,46 Ab	1,64 Aab	1,90 Aa
250	1,71 Aa	1,68 ABab	1,61 Aab	1,37 Ab	1,39 Bab
500	1,67 Aa	1,63 Ba	1,52 Aa	1,48 Aa	1,62 Aa
1000	1,57 Ab	1,95 Aa	1,48 Ab	1,37 Ab	1,45 Bb
Média	1,63	1,73	1,51	1,46	1,59

* Letra maiúscula compara médias na coluna e letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4. Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio

Aplicação de Magnésio (g ha^{-1})	Fases fenológicas				
	V4	R5	R6	R8	R9
0	4,13 Ac	4,97 Ac	7,91 Aa	5,93 Bb	5,99 Cb
250	4,84 Ab	4,78 Ab	7,62 Aa	6,88 Aa	7,65 Aa
500	4,55 Ac	5,24 Ac	7,58 Aa	6,25 Ab	6,76 Babc
1000	4,77 Ab	4,60 Ab	7,50 Aa	6,68 Aba	7,03 Aba
Média Geral	4,57	4,89	7,65	6,43	6,85

* Letra maiúscula compara médias na coluna e letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5. Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) em feijoeiro comum, cultivar BRS Estilo, em diferentes fases fenológicas sob aplicação foliar de Magnésio

Magnésio (g ha^{-1})	Fases fenológicas				
	V4	R5	R6	R8	R9
0	21,12 Aa	22,06 Aa*	21,20 Aa	19,29 Ba	12,26 Cb
250	19,61 Aa	22,50 Aa	20,65 Aa	21,07 ABa	22,41 Aa
500	20,92 Aab	22,14 Aa	21,56 Aa	21,22 ABa	16,94 Bb
1000	23,06 Aa	21,28 Aa	22,55 Aa	24,10 Aa	14,58 BCb
Média geral	21,17	21,99	21,79	21,42	16,54

*Letra maiúscula compara médias na coluna e letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6. Resumo da significância da análise de variância para fase fenológica, dose de magnésio e interação fase x dose aos 97 dias após a semeadura; altura de plantas (AP), número de ramos (NR), produção em kg ha⁻¹ (PROD), grãos por vagem (GPV), vagem por vagem por planta (VPL), peso de mil grãos (PMG)

Fonte de Variação (FV)	AP	NR	Prod. Kg ha ⁻¹	GPV	VPL	PMG
Fase	N/S	*	N/S	N/S	N/S	N/S
Dose de Magnésio	*	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Fase X Dose (mg)	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
CV 1	2,97	1,50	10,69	5,70	6,15	11,67
CV 2	9,58	14,44	20,76	8,19	24,24	20,38
Média Geral	100,69	5,75	2,89	4,97	13,38	172,61

*Teste F significativo a 5% de probabilidade de erro e ns não significativo.

Tabela 7. Resumo das médias observadas da análise de variância para doses de magnésio ao final do ciclo da cultura, produção em kg ha⁻¹ (PROD), grãos por vagem (GPV), vagem por planta (VPL), peso de mil grãos (PMG)

Dose de Magnésio	Prod. Kg ha ⁻¹	GPV	VPL	PMG (g)
0g ha ⁻¹	2.620	4,79	13,60	175,90
250g ha ⁻¹	3.320	5,14	15,83	171,53
500g ha ⁻¹	2.870	4,95	14,75	171,10
1000g ha ⁻¹	2.750	4,99	13,34	171,93
Média geral observada	2.890	4,96	14,38	172,61

*Teste F significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 8. Resumo das médias observadas para médias de número de ramos nas fases V4 e R6

Fase Fenológica	Média no número de ramos
V4	5,84 A
R6	5,63 B

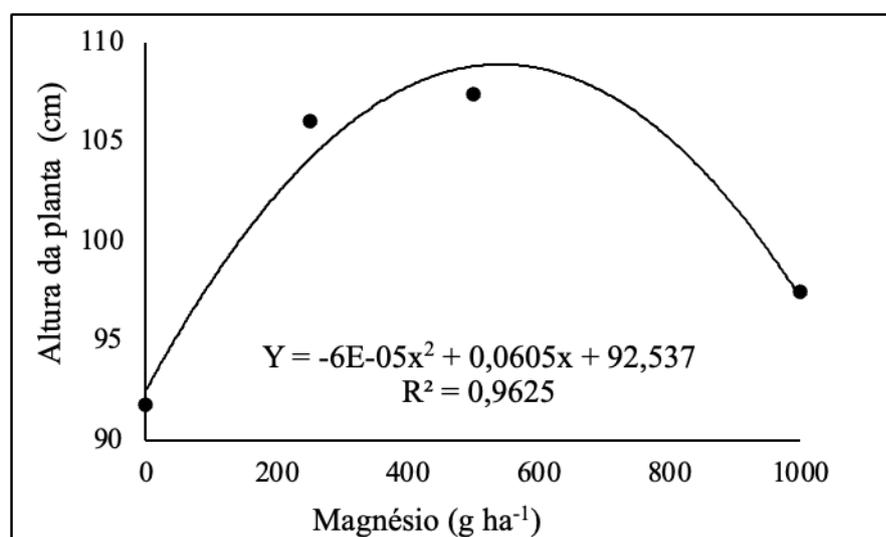


Figura. Altura de plantas do feijoeiro comum aos 97 dias após a emergência quando submetidas a doses crescentes de magnésio